

PAULA TEIXEIRA DA CUNHA E CASTRO

**COBERTURA VEGETAL E INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE SOLO
EM TALUDE REVEGETADO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2007

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C355c
2007

Castro, Paula Teixeira da Cunha e, 1979-
Cobertura vegetal e indicadores microbiológicos de solo
em talude revegetado / Paula Teixeira da Cunha e Castro.
– Viçosa, MG, 2007.
xi, 39f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Caetano Marciano de Souza.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 32-39.

1. Solos - Análise. 2. Microorganismo do solo.
3. Revegetação. 4. *Vetiveria zizainoides*.
5. *Zoysia japonica*. 6. *Arachis pintoi*. 7. *Wedelia trilobata*.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 631.42

PAULA TEIXEIRA DA CUNHA E CASTRO

**COBERTURA VEGETAL E INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE SOLO
EM TALUDE REVEGETADO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 14 de dezembro de 2007.

Prof. Marcos Rogério Tótola
(Co - Orientadora)

Prof. José Antônio Saraiva Grossi

Prof. Júlio César Lima Neves

Prof. Hernani Mota de Lima

Prof. Caetano Marciano de Souza
(Orientador)

Ao meu pai Paulo
e a minha mãe Dulce,
por sempre me ajudarem
na minha formação
profissional e pessoal,
por todo o amor, apoio
e incentivo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me mostrar a luz nos momentos difíceis e por colocar no meu caminho pessoas maravilhosas quando precisei.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso.

A Fapemig, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Caetano Marciano de Souza, pela orientação, pelos ensinamentos transmitidos, e principalmente pela amizade.

Aos meus conselheiros: Prof. Marcos Rogério Tótola, e Prof. Affonso H. L. Zuin, pela instrução na execução do trabalho.

Ao Prof. Júlio César Lima Neves, Prof. Hernani Mota de Lima e Prof. José Antônio Saraiva Grossi, pela participação na banca de tese.

Ao Julio Cruz pela amizade e ajuda prestada durante a realização da tese.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada.

BIOGRAFIA

PAULA TEIXEIRA DA CUNHA E CASTRO, filha de Paulo José da Cunha e Castro e Dulce de Souza Teixeira e Castro, nasceu em São Caetano do Sul - SP, em 01 de outubro de 1979.

Em 1999, ingressou na Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, onde graduou-se em Ciências Biológicas obtendo o título em agosto de 2003.

Em agosto de 2005, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa em dezembro de 2007.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Espécies vegetais.....	7
2.2. Indicadores Microbiológicos	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Caracterização da área	18
3.2 Análise visual	20
3.3 Análise química e microbiológica	23
4. RESULTADOS e DISCUSSÃO.....	25
5. CONCLUSÕES.....	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

LISTA DE FIGURAS

		Página
1	<i>Wedelia trilobata</i>	10
2	<i>Arachis pintoii</i>	11
3	<i>Vetiveria zizanioides</i>	11
4	<i>Vetiveria zizanioides</i>	12
5	<i>Zoysia japonica</i>	14

LISTA DE TABELAS

		Página
1	Caracterização química do solo experimental	20
2	Resultados, por avaliados, do aspecto estético dos diferentes tratamentos	25
3	Resultados, por avaliados, do parâmetro cobertura vegetal para os diferentes tratamentos	26
4	Caracterização química das áreas experimentais	28
5	Atividade da fosfatase ácida, fosfatase alcalina, β - glicosidase, C-biomassa, respiração e q-CO ₂ em solos revegetados com <i>Vetiveria zizanioides</i> , <i>Wedelia trilobata</i> , <i>Arachis pintoii</i> , <i>Zoysia japonica</i> e testemunha	29
6	Atividade da fosfatase ácida, fosfatase alcalina, β - Glicosidase, C - biomassa, respiração e q-CO ₂ nos blocos avaliados.	30

RESUMO

CASTRO, Paula Teixeira da Cunha e, M.Se. Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2007. **Cobertura vegetal e indicadores microbiológicos de solo em talude revegetado**. Orientador: Caetano Marciano de Souza. Co-Orientadores: Marcos Rogério Tótola, Affonso Henrique Lima Zuin.

Este trabalho teve como objetivos avaliar a influência das espécies vegetais *Vetiveria zizanioides*, *Zoysia japonica*, *Arachis pintoii* e *Wedelia trilobata* em alguns indicadores biológicos da qualidade do solo e analisar, dentre essas espécies, qual apresenta melhor cobertura vegetal e melhor impacto visual na área experimental. Para isso foram realizados dois experimentos que foram conduzidos em um talude nas dependências da Universidade Federal de Viçosa – Viçosa MG. No primeiro experimento foi avaliado o potencial de cobertura vegetal e aparência proporcionada por cada espécie avaliada. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. O plantio das mudas foi realizado usando-se o espaçamento 0,50 m x 1,0 m totalizando 20 plantas por parcela. Como tratamentos foram testadas espécies: *Vetiveria zizanioides*, *Wedelia trilobata*, *Zoysia japonica*, *Arachis pintoii* e testemunha (sem cobertura). As avaliações foram realizadas 6 meses após o plantio por meio de uma escala de observações visuais, após aplicou-se um questionário em que

se avaliou o efeito de cobertura e o aspecto estético dos tratamentos. Os resultados das avaliações visuais foram expressos por meio de escala de notas variando de 1 a 5, no qual 1 corresponde a nenhuma cobertura vegetal e 5 corresponde a uma excelente cobertura vegetal. Foi verificado que *Vetiveria zizanioides* obteve a maior nota com 3,72 referente a cobertura vegetal. Para avaliação estética usou-se uma escala de notas semelhante, que variou de 1 a 5, a espécie *Vetiveria zizanioides* obteve a nota 3,52 correspondendo a uma boa aparência. A espécie que se destacou tanto na cobertura vegetal como na aparência estética foi *Vetiveria zizanioides*. No segundo experimento foi avaliada a influência das espécies *Vetiveria zizanioides*, *Wedelia trilobata*, *Zoysia japonica* e *Arachis pintoi* em alguns indicadores biológicos do solo. O experimento apresentou cinco tratamentos (*Vetiveria zizanioides*, *Wedelia trilobata*, *Zoysia japonica*, *Arachis pintoi* e testemunha sem planta), o delineamento utilizado foi em blocos casualizados com cinco repetições e área útil de cada parcela de 6m². O plantio das mudas foi realizado usando-se o espaçamento 0,40 m x 1,0 m totalizando 12 plantas por parcela. Amostras de solo foram coletadas 6 meses depois do plantio das espécies e foram submetidas a análises químicas e microbiológicas. Os estudos com as espécies vegetais *Vetiveria zizanioides*, *Wedelia trilobata*, *Arachis pintoi*, *Zoysia japonica* mostraram que não foram observados efeito de tratamento sobre as variáveis de solo analisadas.

ABSTRACT

CASTRO, Paula Teixeira da Cunha e, M.Se., Universidade Federal de Viçosa, December, 2007. **Plant cover and microbiological indicators of soil in revegetated slope.** Adviser: Caetano Marciano de Souza. Co- Advisers: Marcos Rogério Tótola, Affonso Henrique Lima Zuin.

This work had as objectives to evaluate the influence of the species *Vetiveria zizanioides*, *Zoysia japonica*, *Arachis pintoii* and *Wedelia trilobata* in some biological indicators of the soil quality and to analyze among those species which it presents better vegetable covering and better visual impact in an experimental area. For that two experiments were accomplished and driven in the Department of Physical education of UFV. In the first experiment it was evaluated the potential of vegetable covering and proportionate appearance by each appraised species. It was used an randomized complete block design with five treatments and four replicates. The seedlings were planted spaced of 0.50 m x 1.0 m totaling 20 plants in each plot. The treatments were evaluated with *Vetiveria zizanioides*, *We.elia trilobata*, *Zoysia japonica*, *Arachis pintoii* and control. The evaluations were done six months after the planting due to a visual observation scale with a questionnaire to evaluate the cover and the appearance of the treatments. The visual observation results were expressed by a scale, 1 being no plant cover and 5 being excellent plant cover. *Vetiveria zizanioides* had the best result with of score 3.72 referring to plant cover. To

evaluate appearance a similar 1 – 5 scale was used. *Vetiveria zizanioides* got of score 3.52 meaning good appearance. It can be concluded that the best results were obtained with *Vetiveria zizanioides* for plant cover and for appearance. In the second experiment were evaluated the influence of the species *Vetiveria zizanioides*, *Wedelia trilobata*, *Zoysia japonica* and *Arachis pintoii* in some biological indicators of soil quality. The experiment was carried in an area of the Physical Education Department of UFV starting in November 2006. Two experiments were installed with five treatments (*Vetiveria zizanioides*, *Wedelia trilobata*, *Zoysia japonica*, *Arachis pintoii* and control without plants), in a randomized complete block design with five replicates and the useful area of each plot had 6 m². The seedlings were planted spaced of 0.40 m x 1,0 m totaling 12 plants in each plot. Samples were collected six months after the planting and soil chemistry and microbiological analysis were carried. The study with the plant species, *Vetiveria zizanioides*, *Wedelia trilobata*, *Zoysia japonica*, *Arachis pintoii* demonstrated that the soil biological indicators need more time between evaluation to show significant responses to the soil changes.

1. INTRODUÇÃO

A perturbação e a degradação do solo resultantes das atividades antrópicas ocorrem há muitos anos. As causas que produzem tais distúrbios são as mais variadas, podendo-se citar o desmatamento, a mineração, a agricultura, a pecuária, a terraplanagem para construção de estradas, prédios etc. Um dos maiores problemas resultante dessas atividades é sua contínua repetição, impactando diversos locais, reduzindo sua biodiversidade e afetando a qualidade, a quantidade e a distribuição de recursos como água, nutrientes, solo.

Cortes de terra normalmente resultam no aparecimento de taludes que, se não forem devidamente manejados serão degradados com o tempo. Em função do tipo e da profundidade do corte, pode ocorrer a exposição do horizonte A, do B e mesmo do horizonte C.

Estes taludes devem ser recuperados o mais rápido possível, diminuindo seu impacto visual negativo além de evitar seu comprometimento pela ação dos agentes de erosão. Neste caso, o uso de cobertura vegetal no recobrimento é uma opção coerente tecnicamente, prática e econômica, mesmo com plantas apresentando dificuldades de adaptação em função da declividade, composição física e química do substrato (D'Alterio & Valcarcel, 1996).

No entanto existem poucos dados sobre indicadores biológicos em solos revegetados uma vez que normalmente os parâmetros analisados são indicadores físicos e químicos. Além dos aspectos enumerados deve ser

realizada a análise de indicadores microbiológicos de qualidade do solo. Mesmo com poucos dados sobre a análise desses indicadores em áreas revegetadas, é interessante observar o desempenho das espécies vegetais nos solos a serem revegetados.

Este quadro mostra a necessidade do estabelecimento de um rol de plantas capazes de conseguir revegetar de maneira eficiente e rápida essas áreas. Para tanto o estudo de plantas nestas condições limitantes é passo fundamental para o estabelecimento deste rol, que deve ser dinâmico, sempre sendo atualizado com a inclusão de novas plantas.

Sob o ponto de vista técnico, para realizarem uma boa revegetação de taludes as espécies vegetais selecionadas devem possuir rápido crescimento, facilidade de obtenção de propágulos, retenção de sedimentos, estabelecimento e crescimento em condições adversas de substrato, retendo nutrientes, controlando a erosão e a lixiviação. Para a estabilização de taludes são características importantes, a proteção superficial fornecida pela parte aérea e que seu sistema radicular, seja o mais volumoso possível.

Entretanto, em algumas situações além das características anteriores, algumas outras também são importantes entre elas o aspecto visual que conferirão à área sob o ponto de vista paisagístico e a possibilidade da utilização econômica de partes da planta em estudo. A importância destas duas características é fácil de ser identificada.

A primeira (aspecto visual) é condição necessária em locais como cortes realizados para construção de estradas e edificações onde o trânsito de pessoas é freqüente de maneira que se o recobrimento vegetal resultar em uma paisagem agradável ou mais bonita atenderá melhor aos anseios dos usuários daquele ambiente e mesmo daqueles que, porventura, estão de passagem.

A outra característica (possibilidade de retorno econômico) se refere à possibilidade de utilização da planta na revegetação sob o ponto de vista econômico. As plantas também podem servir como forragem para alimentação animal, fontes de princípio ativo para fitoterápicos, fonte de óleos, essências, etc.

Baseados nas características citadas acima foram selecionadas quatro espécies vegetais *Vetiveria zizanioides*, *Zoysia japonica*, *Arachis pintoii* e *Wedelia trilobata*.

Além das características citadas anteriormente, *Vetiveria zizanioides* possui um sistema radicular que pode penetrar até 3 metros de profundidade ideal para proteger e estabilizar taludes possuindo um grande potencial de utilização, em escala comercial, na fabricação de produtos farmacêuticos. O óleo de Vetiver é um importante produto obtido da raiz da planta e que contém centenas de terpenos, terpenóides, fenóis, etc. Atualmente possui três aplicações comerciais primárias: como aromatizante em perfumes, como aditivos flavorizantes de alimentos e como inseticida natural.

A espécie *Zoysia japonica* além de melhorar o visual da área também pode ser utilizada para venda, o produtor pode retirar faixas e vender sem prejudicar a cobertura da área que naturalmente será recomposta.

O uso de *Arachis pintoii* deve ser valorizado pois além de fornecer boa cobertura vegetal, essa forrageira possui uma grande aceitabilidade pelos animais sendo também uma grande fonte protéica para bovinos. O uso dessa espécie torna-se uma boa opção ao produtor, pois pode realizar ceifas para auxiliar na alimentação do gado.

Wedelia trilobata além de fornecer uma boa cobertura vegetal é uma planta com potencial aplicação no desenvolvimento de fitoterápicos.

Desta forma as plantas que serão utilizadas no recobrimento das áreas poderão também servir como fonte alternativa de receita direta ou indireta para o proprietário da área.

Em função do acima exposto e, em particular, os aspectos microbiológicos, paisagísticos e possibilidade de retorno econômico, este trabalho teve como objetivo avaliar as espécies *Vetiveria zizanioides*, *Zoysia japonica*, *Arachis pintoii* e *Wedelia trilobata* de maneira incluí-las entre plantas a serem utilizadas na revegetação e com possibilidades de melhor aspecto paisagístico para a área revegetada e de retorno econômico direto e/ou indireto para o proprietário da área alvo da revegetação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os processos naturais, como formação dos solos, lixiviação, erosão, deslizamentos, modificação do regime hidrológico e da cobertura vegetal, entre outros, ocorrem nos ambientes naturais, mesmo sem a intervenção humana.

No entanto, quando o homem desmata, planta, constrói, transforma o ambiente, esse processos, ditos naturais, tendem a ocorrer com maior intensidade, e nesse caso, as conseqüências para a sociedade são quase sempre desastrosas.

Segundo Oldeman (1994), os fatores de degradação do solo, em ordem decrescente de participação relativa nas áreas degradadas no mundo, são: 1. superpastejo; 2. desmatamento ou remoção da vegetação natural para fins de agricultura, florestas comerciais, construção de estradas e urbanização; 3. atividades agrícolas; 4. exploração da vegetação para fins domésticos, como combustível, cercas etc.; 5. atividades industriais ou bioindustriais que causam poluição do solo.

A degradação dessas áreas tem início quando se interfere na sua cobertura natural, eliminando-a simplesmente ou substituindo-a sem os devidos cuidados com sua conservação. O solo, desprovido de cobertura vegetal e da ação fixadora das raízes e exposto ao impacto direto da chuva ou do vento, sofre desagregação e remoção de suas partículas. Este efeito pode ser complementado pelo escoamento superficial das águas, ou pela abrasão das partículas transportadas pelo vento (Embrapa, 1980).

Em todo o mundo, a degradação causada pelo homem tem causado significativos casos de impactos ambientais, com conseqüências danosas aos ecossistemas, afetando a macro e microfauna, além de inúmeras espécies vegetais, causando perdas na biodiversidade, diminuição da fertilidade do solo e interferência nos recursos hídricos.

A degradação ambiental pode ser conceituada como qualquer alteração negativa dos processos, funções ou componentes ambientais (Sánchez, 2000).

Dessa forma, pode-se concluir que solos degradados, caracterizam-se por apresentar: perda de matéria orgânica, devido à erosão ou a movimentos de massa; acúmulo de material alóctone recobrando o solo; alteração negativa de suas propriedades físicas, tais como sua estrutura; alteração de características químicas, devido a processos como: salinização, lixiviação, deposição ácida e concentração de poluentes; e morte ou alteração das comunidades de organismos vivos do solo. (Sánchez, 2001).

A exposição do horizonte que não apresenta boa estruturação torna os taludes particularmente susceptíveis aos agentes erosivos. As técnicas de recobrimento destes taludes muitas vezes seguem uma estratégia única, enquanto a estratificação existente requer ações individualizadas. Deve ser evitadas zonas ou manchas onde a cobertura torna-se ineficiente e inicia-se um processo erosivo que pode comprometer o talude como um todo.

A implantação de um programa de recuperação de uma área tem como objetivo minimizar ou eliminar os efeitos adversos decorrentes das intervenções antrópicas e alterações ambientais.

A recuperação de áreas degradadas é uma atividade muito antiga, mas somente nas últimas décadas ela tem recebido devido interesse, adquirindo caráter de uma nova área de conhecimento. A maior preocupação hoje em dia é permitir que ao passar pelo processo de recuperação, uma área degradada chegue o mais próximo possível da área antes do impacto.

Tratando-se da recuperação propriamente dita, é comum a citação de termos como recuperação, reabilitação e restauração como se fossem um único processo. Toy & Daniels (1998) definem três categorias de tratamento de recuperação de solo: Reabilitação - o solo é retornado à forma e produtividade em conformidade com a sua capacidade de uso, incluindo sua estabilidade e equilíbrio ecológico, que não contribua substancialmente para a deterioração

ambiental e com os valores estéticos circundantes; Recuperação - o local é novamente hospitaleiro para organismos que eram originalmente presentes ou outros que se aproximam das populações originais; e Restauração - a condição do local no momento da perturbação é reproduzida depois da ação.

Programas de recuperação ambiental têm focado tanto os problemas decorrentes das atividades agropecuárias, florestais, minerárias, construção civil, urbanização e industrialização, como aqueles decorrentes de processos naturais, tais como enchentes, incêndios, secas, dilúvios e atividades sísmicas.

Deve-se estar ciente, que a recuperação ambiental não pode reproduzir toda a geologia, solo e propriedades vegetativas que existiram antes da perturbação. Assumidos que aquele solo e as características vegetativas se desenvolveram ao longo do tempo, eventualmente podem retornar a uma condição semelhante àquela de equilíbrio prévio ou, talvez, atinjam uma nova condição de equilíbrio. A evolução do solo e das propriedades vegetativa afeta os processos hidrológicos e a erodibilidade de taludes, como também a descarga de sedimentos carregada pelo fluxo dos canais que indica o principal tronco do sistema de drenagem.

Dentre as várias técnicas de recuperação de área degradada umas das mais utilizadas é o processo de revegetação. A revegetação só terá sucesso quando forem criadas condições necessárias ao crescimento e desenvolvimento da vegetação, e foram tomadas medidas preventivas para evitar a perda do solo, enquanto a vegetação não atingir o tamanho adequado promovendo a estabilidade da área.

O uso da cobertura vegetal como medida mitigadora dos impactos ambientais é uma opção coerente, prática e econômica. Todavia, apresenta dificuldades de adaptação inerentes à declividade do terreno e à composição física e química do substrato (D'Alterio & Valcarcel, 1996).

Uma das principais vantagens da revegetação é a prevenção ou redução da erosão do solo proporcionando uma cobertura que intercepta a chuva e impede o deslocamento das partículas do solo, bem como destruição de sua estrutura. A vegetação utilizada deve desempenhar importantes funções no solo, atuando na captação, acúmulo e troca de energia, de nutrientes, e de água; na proteção do solo e como fonte de alimentos.

O desenvolvimento de uma equilibrada e auto-sustentada cobertura vegetativa é a meta da maioria dos projetos de recuperação. As estratégias de revegetação variam amplamente com o tipo de ecossistema a ser recuperado. Os taludes devem ser revegetados o mais rápido possível, para que a área não seja comprometida pela ação dos agentes de erosão.

2.1 ESPÉCIES VEGETAIS

Segundo Potter, (1986) o objetivo primário da recuperação é estabelecer uma cobertura vegetal produtiva e protetora, consistindo predominantemente de espécies necessariamente adaptadas para as características da área.

A cobertura vegetal é importante para interceptação da chuva e proteção do solo contra o impacto direto das gotas; maior facilidade de infiltração da água devido ao aumento da porosidade e granulação do solo, resultado da deposição de matéria orgânica e sistema radicular; travamento do solo pelas raízes ou matéria orgânica que estrutura e aglutina as partículas do solo.

A vegetação utilizada deverá desempenhar importantes funções no solo, atuando na captação, acúmulo e troca de energia, nutrientes, e água; na proteção do solo e como fonte de alimentos. É também considerada componente importante na redução do impacto visual negativo de áreas terraplanadas ou submetidas a cortes e aterros.

A revegetação é uma prática recomendada na qual, tanto espécies vegetais nativas, ou não, podem ser utilizadas. O processo de recobrimento com vegetação natural é mais lento e usualmente leva a instalação de espécies indesejáveis do ponto de vista da reabilitação, sendo necessário a intervenção humana no processo, visando um rápido e adequado povoamento da área, bem como melhoramento dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

As técnicas existentes para utilização da vegetação como um agente recuperador de áreas degradadas são relativamente recentes e envolvem regeneração natural, o plantio de espécies arbóreas e arbustivas e a hidrossemeadura assim como vários outros métodos de plantio (sacaria, tela vegetal, telas plásticas, etc.).

As estratégias de revegetação variam amplamente com o tipo de ecossistema a ser recuperado. Em geral, espécies introduzidas com rápido crescimento anual estabilizam o local, retêm nutrientes, controlam a erosão e a lixiviação, protegendo o solo de tal forma que espécies nativas, invadam com sucesso e passem a dominar com o tempo. A compatibilidade de espécies nativas e introduzidas deve ser cuidadosamente considerada junto com a biodiversidade do local e a mistura de espécies que serão utilizadas devem estar localmente adaptadas e resistentes às variações de pH, nutrientes, déficit de água e doenças, no longo prazo (Toy & Daniels, 1998). Cabe considerar ainda, que existem espécies nativas de rápido crescimento, sendo necessário maior número de pesquisas para conhecer a sua auto-ecologia.

A revegetação de áreas degradadas tem por finalidade recompor suas características químicas, físicas e biológicas de modo que seja possível o retorno da atividade microbiana do local, tão importante no estabelecimento e sucessão da microbiota, e o desenvolvimento de espécies vegetais (Filho, 1992).

A revegetação tem cumprido papel fundamental na recuperação de áreas degradadas, possibilitando a restauração da produção biológica do solo, a redução e controle da erosão, a estabilização de terrenos instáveis, a proteção de recursos hídricos e a integração paisagística, um ponto importante a ser considerado quase sempre deixado para segundo plano.

A seleção das espécies deve basear-se em critérios de adaptabilidade edafo-climática, rusticidade, capacidade de reprodução e perfilhamento, velocidade de crescimento e facilidade de obtenção de propágulos. É importante que as espécies utilizadas além de apresentarem capacidade de estabelecimento e crescimento em condições adversas de substrato, possuam rápido crescimento para a produção de biomassa e para estabilizar o local, reter nutrientes, controlar a erosão e a lixiviação, proporcionando uma boa cobertura ao solo permitindo que espécies nativas, se estabeleçam com sucesso e passem a dominar com o tempo.

O sistema radicular das espécies usadas na revegetação deve trazer benefícios ao substrato, não somente pela incorporação de matéria orgânica quando da morte de pequenas raízes, mas também na melhoria da drenagem

e estruturação do substrato que ajudarão o desenvolvimento da sucessão natural de revegetação.

A estabilização de áreas terraplanadas não depende apenas da proteção superficial dada pela cobertura de espécies alastrantes e por seus sistemas radiculares, mas também por sistemas radiculares mais profundos. É necessária a introdução de espécies que permitem a retenção continuada dos sedimentos transportados durante as chuvas, favorecendo, ao longo do tempo, um terraço natural. Deste modo, a degradação do solo é minimizada, quebrando-se a intensidade do fluxo descendente das águas pluviais.

As espécies utilizadas são escolhidas com base em características morfológicas, fisiológicas e ecológicas únicas que permite a planta melhor desenvolvimento e estabelecimento do talude degradado.

Wedelia trilobata é uma angiosperma da família Asteraceae (Compositae). Herbácea perene, prostrada, estolonífera, nativa de quase toda a costa do Brasil, de 40-60 cm de altura e de folhagem muito vistosa e rústica. Possui folha simples, trilobada e tomentosa. Apresenta inflorescência com numerosas flores pequenas reunidas em capítulos axilares, solitários e amarelos, formadas durante quase o ano todo.

Devido a grande utilização do gênero *Wedelia* pela população, foram realizadas muitas investigações químicas e biológicas com as espécies afim de comprovar cientificamente suas propriedades terapêuticas. Diversas propriedades medicinais tem sido descritos para *W. trilobata*, incluindo antimicrobiano, antifúngico, antiinflamatório, bactericidas, larvicidas.

Devido ao seu comportamento estolonífero e rasteiro, é muito utilizada como forração, para proteger taludes e barrancos. Também pode embelezar canteiros e bordaduras, assim como vasos e jardineiras. É preferencialmente cultivada a pleno sol ou meia sombra. Muito rústica, tolera umidade excessiva, alagamentos ou seca, sendo bastante apropriada para jardins. Multiplica-se por estaquia (Lorenzi, 2001).



Wedelia trilobata

Arachis pintoii é uma leguminosa perene da família Papilionaceae, nativa do Brasil, de 10-20 cm de altura. É uma planta rasteira, estolonífera, com ramagem prostrada, fina, de nós e entre nós destacados, com folhas compostas, curtas, com dois pares de folíolos pequenos, em formação compacta. As flores são pequenas, amarelas, numerosas pouco vistosas formadas na primavera e verão.

É cultivada como forração á maneira de um gramado, com efeito decorativo notável pela folhagem sempre verde escura e pela floração amarela, em canteiros a pleno sol, ricos em matéria orgânica. É adequada também para revestimento de taludes íngremes. Não resiste ao pisoteio e dispensa podas periódicas. Não tolera geada. Multiplica-se por divisão de touceiras e pela ramagem já enraizada (Lorenzi, 2001).

Essa leguminosa forrageira, é muito utilizada como bancos de proteína ou em consorciação com gramíneas constitui uma importante prática para a suplementação protéica de bovinos, bem como para o fornecimento de nitrogênio ao solo e plantas, por meio da fixação biológica desse elemento por bactérias do gênero *Rhizobium*, que o retira da atmosfera e o repassa à planta. Assim, a leguminosa forrageira torna-se um fator importante na produção animal, pois sua participação nas pastagens, além de possibilitar a redução dos efeitos negativos da atividade pecuária sobre a qualidade do solo e da água, possibilita também a expressão do potencial genético dos animais, fato esse que reverterá em maior lucratividade para o produtor rural.

O amendoim forrageiro têm se destacado por apresentarem boa produção de matéria seca e bom valor nutritivo, além de persistência, excelente capacidade de cobrir o solo e adaptação a solos com drenagem deficiente. Possui também habilidade de crescer sob sombreamento e a densa camada de estolões enraizados que protegem o solo dos efeitos erosivos das águas das chuvas fortes.



Arachis pintoi.

Vetiveria zizanioides é uma planta aromática da família Gramineae (Poaceae). Possui sistema radicular fasciculado com raízes numerosas, aromáticas, pardo-escuras, rijas e longas. É uma erva perene, cespitosa, ereta de 1,50-2,20 m de altura e com raízes que podem penetrar até três metros de profundidade. Os colmos são fortes, achatados, glabros, lisos, verde-claro brilhantes, com perfilhação abundante. As folhas são estreitas e longas, fortes, eretas, rijas, mas com as extremidades dobradas, acanaladas, de margens ásperas e cortantes, não-aromáticas, mais escuras que os colmos, com lígula curta e escariosa.



Vetiveria zizanioides

O uso do capim-vetiver tem oferecido grande perspectiva para o manejo e conservação do solo e da água, e isso foi comprovado durante pesquisas iniciadas na Índia em 1980 e conduzida durante anos, quando ficou patente a utilidade de *Vetiveria zizanioides* em recuperar áreas devido a características morfológicas, fisiológicas e ecológicas únicas que permitem à planta se adaptar às mais diferentes condições climáticas e do solo (Truong, 2002). Ela resiste a condições úmidas e áridas, crescem e sobrevivem nas mais extremas condições de solo e temperatura, reduzindo perdas de solos (Grimshaw, 1993).



Vetiveria zizanioides

O capim Vetiver, é uma espécie originária da Ásia Tropical (Índia, Sri Lanka e Malásia) que tem grande valor como planta pioneira para a reabilitação do solo e estabilização de áreas. Em Portugal, Itália e Espanha estes locais tem sido usada na conservação de solos agrícolas, estabilização de locais inclinados, minas, reabilitação de solos salinos e contaminados (Truong, 2000), usada como barreira efetiva para controle de erosão e sedimento conforme Smith & Srivastava (1989), e mais recentemente no tratamento da água (Truong & Hart, 2001).

Em trabalhos realizados na Nigéria foi comprovada a eficiência da espécie *Vetiveria zizanioides* em reduzir a perda de solo, aumentar sua umidade e aumentar também a produtividade das culturas (Babalola, 1993). Na Califórnia, muitos trabalhos indicam que *Vetiveria zizanioides* tem sido usada para estabilizar e reabilitar áreas erodidas, visto que ela não é uma planta invasora, agressiva e nem compete com a vegetação nativa (Truong, 2000).

Na China, tem-se utilizado o sistema radicular do capim vetiver para estabilizar os solos, perdas de sedimento em declives e para prevenir que áreas inclinadas sofram erosão, pois a espécie exige um baixo custo e investimento, além de produzir benefícios ecológicos, econômico e social (Huang, 2002).

Zoysia japonica ou grama esmeralda é uma angiosperma da família Gramineae (Poaceae). Herbácea rizomatosa, reptante, perene, muito ramificada, originária do Japão, de 10-15 cm de altura com folhas estreitas, pequenas, dispostas em hastes curtas e densas, formando um tapete perfeito quando ceifada com freqüência.

É apropriada para formação de gramados domésticos a pleno sol em substituição á grama batatais e à grama inglesa, por ter a folhagem mais delicada e por exigir podas menos freqüentes. É mais rústica do que as demais espécies de grama sendo menos tolerante ao sombreamento que a grama são-carlos. Multiplica-se por placas e por divisão de touceiras (Lorenzi, 2001).



Arachis pintoi.

2.2 INDICADORES MICROBIOLÓGICOS

Um fator muito importante na recuperação de uma área degradada é avaliar a qualidade do solo através de seus indicadores, que podem ser químicos, físicos e biológicos. Qualidade do solo tem sido definida como “a capacidade de um tipo específico de solo funcionar, dentro dos limites do ecossistema manejado ou natural, como sustento para o desenvolvimento de plantas e de animais, de manter ou de aumentar a qualidade da água e do ar e de promover a saúde humana” (Doran & Parkin, 1994).

Para avaliar a qualidade do solo, indicadores químicos, físicos e biológicos devem ser identificados e analisados quanto à sua sensibilidade a mudanças e distúrbios causados pelo manejo. A avaliação por meio dos indicadores biológicos permite a determinação do grau de degradação de uma área.

Um indicador biológico é definido como a presença ou ausência de uma certa espécie (planta ou animal) em uma dada área, associada a determinada condição ambiental. Os microrganismos constituem uma enorme fonte e depósito de nutrientes nos ecossistemas e participam em processos benéficos como a estruturação do solo, a fixação biológica de nitrogênio, associações micorrízicas, a solubilização de nutrientes para as plantas, redução de patógenos e pragas de plantas, a degradação de compostos persistentes aplicados ao solo e em outras alterações nas propriedades do solo que afetam o crescimento vegetal (Kennedy & Papendick, 1995; Kennedy & Smith, 1995).

Tem sido estabelecido que as características ideais de um bom indicador ecológico sejam:

- Ser capaz de responder, rapidamente a um distúrbio no solo,
- Refletir os aspectos do funcionamento do ecossistema,
- Possuir processo de avaliação,
- Ser economicamente viável,
- Ter distribuição universal e independente de sazonalidade (Visser & Parkinson, 1992).

Os principais indicadores biológicas do solo atividade enzimática, a taxa de respiração, a diversidade e a biomassa microbiana são indicadores

sensíveis que podem ser utilizados no monitoramento de alterações ambientais decorrentes do uso agrícola, sendo ferramentas para orientar o planejamento e a avaliação das práticas de manejo utilizadas (Turco et al., 1999; Doran et al.; 1996).

Os microrganismos do solo, por suas características tais como a abundância e atividade bioquímica e metabólica, além de proporcionar respostas mais rápidas a mudanças no ambiente, apresentam um alto potencial de uso na avaliação da qualidade do solo.

Os microrganismos decompõem a matéria orgânica, liberam nutrientes em formas disponíveis às plantas e degradam substâncias tóxicas (Kennedy e Doran, 2002).

A biomassa microbiana do solo compreende a parte viva da sua matéria orgânica, excluídas as raízes e organismos maiores do que $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$, contendo, em média, 2 a 5% de carbono orgânico e 1 a 5 % do nitrogênio total do solo (Cerri et al., 1992; DePolli e Guerra, 1997). A biomassa atua como agente de transformação da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e fluxo de energia favorecendo ao maior estabelecimento e desenvolvimento de espécies vegetais que forem implantadas em uma área, visto que a diversidade microbiana vai se alterando junto com desenvolvimento das espécies instaladas. (Smit et al., 2001; Johnson et al., 2003).

A biomassa compreende uma fonte potencial de N, P, S e outros nutrientes para as plantas, e os fluxos através do reservatório microbiano podem ser de particular relevância no solo (De-Polli e Guerra, 1997; Kouno et al., 2002).

O estudo quantitativo da biomassa microbiana é de fundamental importância para o estudo da extensão dos processos no solo em que atua, bem como para o monitoramento das comunidades (Turner et al., 2001; Wang et al., 2003). Como parâmetro ecológico, a avaliação da biomassa microbiana permite obter informações rápidas sobre mudanças nas propriedades orgânicas do solo, detectar mudanças causadas por cultivos ou devastações de florestas, quantificar a regeneração dos solos após a remoção da camada superficial, e avaliar os efeitos poluentes de metais pesados e pesticidas, entre outros (Frighetto, 2000).

O uso da biomassa como indicador da qualidade do solo é comprometido, uma vez que a abundância e atividade dos microrganismos são muito suscetíveis às variações na temperatura e umidade. A biomassa microbiana fornece uma estimativa quantitativa das comunidades de microrganismos, não considerando sua composição ou a estrutura dessas comunidades microbianas. Assim, compreende-se ser necessário agregar ao conhecimento da biomassa microbiana informações sobre seus aspectos qualitativos, de forma a permitir uma avaliação mais adequada da qualidade de um solo.

É importante também avaliar variáveis que indiquem a atividade microbiana, tais como: o Carbono prontamente mineralizável e a atividade enzimática, para verificar o estado metabólico das comunidades de microrganismos do solo (Oliveira, 2000).

A avaliação da respiração do solo é a técnica mais freqüente para quantificar a atividade microbiana, sendo positivamente relacionada com o conteúdo de matéria orgânica e com a biomassa microbiana (Alef, 1995).

A determinação da atividade de várias enzimas no solo é uma maneira de se medir a atividade microbiana, indicando mudanças ocorridas na microbiota do solo, sem, entretanto, relacioná-las a algum grupo específico de organismo.

As enzimas do solo são mediadoras e catalisadoras de importantes processos bioquímicos envolvidos no funcionamento do solo como, síntese e decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, e decomposição de xenobióticos (Acosta- Martinez et al. 2007).

Devido a baixa concentração a quantidade de enzimas no solo é geralmente determinada pela sua atividade e não pela sua quantidade. A atividade é geralmente medida através da quebra de um substrato específico e alguns valores típicos para atividade de várias enzimas.

A β -glicosidade participa do ciclo do carbono, é uma enzima celulolítica devido a importante papel que exercem na hidrólise de produtos celulósicos a glicose.

As fosfatases tem papel de desvincular o fósforo de compostos orgânicos, sua produção é resultado de modificações bioquímicas a nível celular desencadeadas pela diminuição da absorção de P pelos organismos e

por isso, suas quantidades no solo aumentam quando os sistemas tem baixos teores de fósforo disponível.

A fosfatase ácida, esta envolvida na disponibilidade de P para as plantas ela catalisa a hidrolise de ésteres e anidridos do ácido fosfórico, cujo mecanismo faz com que moléculas orgânicas fosfatadas sofram clivagem liberando álcool e acido fosfórico, as estruturas químicas presentes na Matéria Orgânica garantem que a enzima atue em diversos substratos, e ela tem sua atividade aumentada á medida que a disponibilidade de P para planta e para população de microrganismo do solo é reduzida, mostando-se um indicador sensível da biodisponibilidade de P as plantas.

A fosfatase alcalina participam do ciclo do fósforo, é uma fosfomonoesterase de importância na mineralização do P orgânico do solo e os microrganismos são totalmente responsáveis por essa atividade.

Segundo Powlson; et al., (1997) a função dos microrganismos é mediar processos no solo relacionados com o manejo. Desta forma, podem ser sensíveis indicadores de mudanças na qualidade do solo. Os microrganismos possuem a capacidade de dar respostas rápidas a mudanças na qualidade do solo, característica que não é observada nos indicadores químicos ou físicos. Em alguns casos, alterações na população e na atividade microbiana podem preceder mudanças nas propriedades químicas e físicas, refletindo um claro sinal na melhoria ou na degradação do solo.

Neste sentido, deve-se distinguir a biomassa de sua atividade (Siqueira et al., 1994), visto que a biomassa microbiana não é uma estimativa da atividade dos microrganismos do solo, com base na concentração de algum elemento ou de alguma substância celular, considerando-se a população microbiana como uma entidade única (De-Polli e Guerra, 1999)

Os objetivos desse trabalho foram avaliar a influência das espécies vegetais *Vetiveria zizanoioides*, *Zoysia japonica*, *Arachis pintoii* e *Wedelia trilobata* em alguns indicadores biológicos da qualidade do solo e o potencial de cobertura vegetal de cada espécie analisada devendo-se levar em consideração também os aspectos paisagísticos na área.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O experimento foi conduzido em área da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais, situada a 20°46'04.2" S e 42°51'49.8" WG e altitude de 651 m. Essa área foi terraplanada expondo os horizontes à agentes erosivos como vento, água etc conforme visto na figura 1. O clima segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, subtropical, apresentando estações seca (nos meses mais frios) e chuvosa (verão) bem definidas.

A área onde o experimento foi implantado (Figura 1) foi limpa e preparada (correção de acidez, adubação, divisão da área em unidades experimentais) para receber as mudas das espécies testadas. Depois foram feitas capinas manuais até que o solo fosse coberto pelas espécies dificultando assim o crescimento de plantas invasoras.



Amostras de solo foram retiradas com o auxílio de Trado Holandês (0-20 cm), e levadas ao laboratório de análise química de rotina do Departamento de Solos da UFV para realização das análises químicas de rotina para a recomendação de adubação e correção da acidez.

Tabela 1. As características químicas do solo utilizado no experimento*:

	pH (H ₂ O)	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	Ca	Mg	Al (cmol _c / dm ³)	H+Al	SB	T	MO (dag/kg)	P-rem (mg/L)
solo	5,15	0,7	17	0,16	0,11	0,25	2,5	0,32	2,82	0,44	11,2

*pH em água – relação 1:2,5; P e K – extrator Mehlich 1; Ca, Mg, Al – extrator KCl 1 mol L⁻¹; H+Al – extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹ pH7,0; SB – Soma de Bases Trocáveis; CTC(T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; MO – Matéria Orgânica = C. Org x 1,724 Walkley-Black; P-rem: concentração de P na solução de equilíbrio após agitação, por uma hora, de 60 mg/L P em CaCl₂ 0,01 mol/L.

O cálculo da quantidade de corretivos foi realizado usando o método da saturação por bases e resultou em 918 kg ha⁻¹ de silicato de cálcio e magnésio, que foram aplicados 45 dias antes do plantio. Foi realizada adubação de plantio com P₂O₅ (90 kg ha⁻¹) nas covas, antes do plantio. A adubação de cobertura foi feita usando-se 40 de kg ha⁻¹ K₂O e 50 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio 50 dias após o plantio.

As mudas de cada espécie vegetal foram adquiridas no Laboratório de Agrostologia e Viveiro da UFV e foram plantadas no dia 30/11/2006 no início do período chuvoso local.

A área experimental é 150 m², e área útil de cada parcela de 10m². O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. O plantio das mudas foi realizado usando o espaçamento 0,50 m x 1,0 m totalizando 20 plantas por parcela.

Os tratamentos utilizados foram: *Vetiveria zizanioides*, *Wedelia trilobata*, *Zoysia japonica*, *Arachis pintoi* e testemunha.

Foram realizadas as análises a seguir:

3.2 ANÁLISE VISUAL - COBERTURA VEGETAL E APARÊNCIA ESTÉTICA

As avaliações foram realizadas no período 20/05/07 a 25/05/07 através de uma escala de observações visuais. Foram aplicados questionários avaliando o grau de cobertura e o aspecto estético dos tratamentos/espécies no talude degradado.

Os questionários foram confeccionados baseados na metodologia adotada pelo Departamento de Plantas Daninhas (FRANS, 1972) com adequações.

Os entrevistados foram escolhidos aleatoriamente, levados até a área experimental onde receberam os questionários atribuindo notas para avaliar cada parcela.

QUESTIONÁRIO APLICADO PARA ANALISE VISUAL DO EXPERIMENTO

DATA DA ENTREVISTA:

LADO 1

1. COBERTURA VEGETAL – BLOCO 1

TRATAMENTOS	NENHUMA	POUCA	RUIM	BOA	EXCELENTE
<i>Vetiveria zizanioides</i>					
<i>Zoysia japonica</i>					
<i>Wedelia trilobata</i>					
<i>Arachis pintoii</i>					

2. ASPECTO ESTÉTICO

TRATAMENTOS	NENHUMA	POUCA	RUIM	BOA	EXCELENTE
<i>Vetiveria zizanioides</i>					
<i>Zoysia japonica</i>					
<i>Wedelia trilobata</i>					
<i>Arachis pintoii</i>					

3. COBERTURA VEGETAL – BLOCO 2

TRATAMENTOS	NENHUMA	POUCA	RUIM	BOA	EXCELENTE
<i>Vetiveria zizanioides</i>					
<i>Zoysia japonica</i>					
<i>Wedelia trilobata</i>					
<i>Arachis pintoii</i>					

4. ASPECTO ESTÉTICO

TRATAMENTOS	NENHUMA	POUCA	RUIM	BOA	EXCELENTE
<i>Vetiveria zizanioides</i>					
<i>Zoysia japonica</i>					
<i>Wedelia trilobata</i>					
<i>Arachis pintoi</i>					

5. COBERTURA VEGETAL – BLOCO 3

TRATAMENTOS	NENHUMA	POUCA	RUIM	BOA	EXCELENTE
<i>Vetiveria zizanioides</i>					
<i>Zoysia japonica</i>					
<i>Wedelia trilobata</i>					
<i>Arachis pintoi</i>					

6. ASPECTO ESTÉTICO

TRATAMENTOS	NENHUMA	POUCA	RUIM	BOA	EXCELENTE
<i>Vetiveria zizanioides</i>					
<i>Zoysia japonica</i>					
<i>Wedelia trilobata</i>					
<i>Arachis pintoi</i>					

7. COBERTURA VEGETAL – BLOCO 4

TRATAMENTOS	NENHUMA	POUCA	RUIM	BOA	EXCELENTE
<i>Vetiveria zizanioides</i>					
<i>Zoysia japonica</i>					
<i>Wedelia trilobata</i>					
<i>Arachis pintoi</i>					

8. ASPECTO ESTÉTICO

TRATAMENTOS	NENHUMA	POUCA	RUIM	BOA	EXCELENTE
<i>Vetiveria zizanioides</i>					
<i>Zoysia japonica</i>					
<i>Wedelia trilobata</i>					
<i>Arachis pintoi</i>					

Para a avaliação da cobertura vegetal, estabeleceu-se uma escala de notas de 0 a 4 sendo:

0 = nenhuma cobertura vegetal;

1 = pouca cobertura vegetal;

2 = cobertura vegetal ruim;

3 = boa cobertura vegetal;

4 = excelente cobertura vegetal.

Observaram-se diferentes posições, atribuindo-se notas a cada parcela, calculando-se, posteriormente, a média das notas de cada parcela.

MÉDIA	DENOMINAÇÃO
0	NENHUMA
0,1 – 1,0	POUCA
1,1 – 2,0	REGULAR
2,1 – 3,0	BOA
3,1 – 4,0	EXCELENTE

Com relação ao aspecto estético estabeleceu-se o seguinte critério:

0 = nenhuma;

1 = aparência estética ruim;

2 = aparência estética razoável;

3 = boa aparência estética;

4 = excelente aparência estética.

Foi atribuída notas para a aparência de cada espécie em cada parcela experimental, calculando-se posteriormente a média de nota obtida em cada parcela.

MÉDIA	DENOMINAÇÃO
0	NENHUMA
0,1 - 1,0	RUIM
1,1 – 2,0	RAZOÁVEL
2,1 – 3,0	BOA
3,1 – 4,0	EXCELENTE

Para as análises visuais foi realizada a ANOVA não paramétrica usando o teste Kruskal-Wallis sendo as medias das ordens comparadas entre si a 5% de probabilidade. Foi realizado a correlação, para cobertura vegetal e aspecto estético, não paramétrica usando o teste de Spearman.

3.2 ANÁLISE QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DO SOLO

Após seis meses do plantio das espécies foram realizadas análises química e microbiológica do solo. As amostras dos solos foram coletadas em maio de 2007 retirando-se 20 amostras na camada de 0 a 5 cm em cada parcela em todos os tratamentos. As amostras foram analisadas, na UFV, no laboratório de análise química de rotina do Departamento de Solos e no laboratório microbiologia e solos (LAMSOL) do Departamento de Microbiologia.

As análises químicas realizadas foram:

- pH - *pH em água – relação 1:2,5;
- P e K – extrator Mehlich 1;
- Ca, Mg, Al – extrator KCl 1 mol L⁻¹;
- H+Al – extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹ pH7,0;
- SB – Soma de Bases Trocáveis;
- CTC(T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0;
- MO – Matéria Orgânica = C. Org x 1,724 Walkley-Black;
- P-rem: concentração de P na solução de equilíbrio após agitação, por uma hora, de 60 mg/L P em CaCl₂ 0,01 mol/L.

Análises microbiológicas:

- Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) foi determinado pelo método por fumigação - extração, conforme Vance et al. (1987), e descrita por De-Polli & Guerra (1997) que tem como princípio lise das células microbianas pelo clorofórmio e extração pelo sulfato de potássio. O Carbono foi obtido pela diferença entre as amostras fumigadas e não fumigadas .
- A atividade respiratória da biomassa microbiana foi avaliada pela quantificação do CO₂ liberado durante a incubação do solo em sistema fechado, onde o CO₂ foi capturado em solução de NaOH 0,05 mol L⁻¹ e posteriormente titulado com HCL (Isermeyer, 1952).

- O quociente metabólico (qCO_2), que representa a respiração microbiana por unidade de biomassa microbiana por unidade de tempo (Anderson & Domsch, 1985)
- Foram avaliadas as atividades de enzimas do solo associadas ao ciclo do carbono (b-glucosidase); do fósforo (fosfatase ácida e fosfatase alcalina), utilizando-se os métodos descritos por Tabatabai (1994). Esses métodos baseiam-se na determinação colorimétrica do *p*-nitrofenol (coloração amarela) formado após a adição de substratos incolores específicos para cada enzima avaliada. Para cada amostra de solo, coletada no campo, foram efetuadas três repetições analíticas no laboratório. A atividade enzimática do solo foi expressa em μg *p*-nitrofenol liberado por grama de solo seco por hora.

Na análise estatística, realizada com o auxílio do programa SAEG versão 9.1, os dados foram submetidos à análise de variância conforme; para as variáveis em que o efeito de tratamento foi significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, as médias de tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5 %.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados da análise do aspecto estético proporcionado pelos diferentes tratamentos. Os quatro avaliadores foram unânimes em considerar que a espécie *Vetiveria zizanioides* apresentou melhor aspecto estético comparativamente à espécie *Arachis pintoii*, ficando as espécies *Wedelia trilobata* e *Zoysia japonica* entre elas. Este resultado se repetiu quando foi avaliada a cobertura vegetal (Tabela 3). Aplicando-se a análise de correlação de Spermán para estes dois parâmetros, esta resultou em correlação significativa a 0,1% de probabilidade, indicando que os avaliadores consideraram melhor aspecto estético como resultado de maior percentagem de cobertura vegetal havendo um confundimento entre as duas variáveis.

Tabela 2. Resultados, por avaliados, do aspecto estético dos diferentes tratamentos:

Avaliados	Espécies			
	Vz*	Wt**	Zj***	Ap****
1	3,63 a	2,38 b	3,00 ab	1,50 c
2	3,35 a	3,00 a	2,38 ab	1,75 b
3	3,13 a	2,50 ab	2,12 ab	1,50 b
4	3,50 a	2,75 ab	2,75 ab	1,88 b
Média	3,50 a	2,78 b	2,63 b	1,66 c

Valores seguidos de mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Kruskal – Wallis. * *Vetiveria zizanioides* ** *Wedelia trilobata* *** *Zoysia japonica* **** *Arachis pintoii*

Tabela 3. Resultados, por avaliados, do parâmetro cobertura vegetal para os diferentes tratamentos:

Espécie	Vz*	W**t	Zj***	Ap****
Avaliados				
1	3,63 a	3,00 a	2,75 ab	1,63 b
2	3,50 a	2,88 a	2,75 ab	1,38 b
3	3,62 a	3,00 ab	2,38 bc	1,50 c
4	3,38 a	2,50 ab	2,50 ab	1,50 c
Média	3,41 a	2,72 b	2,53 b	1,50 c

Valores seguidos de mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Kruskal – Wallis. * *Vetiveria zizanioides* ** *Wedelia trilobata* *** *Zoysia japonica* **** *Arachis pintoi*.

A espécie *Vetiveria zizanioides* possui uma maior facilidade de crescer e se estabilizar em um curto período de tempo (Truong 2000) isso pode ser influenciado nos resultados, pois 6 meses após o plantio a espécie já estava bem estabelecida no solo o mesmo não acontecendo com as demais Isto ocorreu porque esta espécie possui rápido crescimento nos mais diferentes tipos de solo, mesmo aqueles com baixas disponibilidades nutricionais e hídricas além de ser resistente a pragas e doenças e ao ataque de predadores (Grimshaw, 1993).

Além das características acima relatadas, Grimshaw (1990) acrescenta que o capim Vetiver proporciona boa cobertura vegetal ao solo, possui sistema radicular bem ramificado e estabiliza o solo evitando a erosão da área. Por outro lado as raízes do Vetiver são extensas e profundas, crescendo até 3 cm por dia e atingindo de 2 a 3 metros de profundidade no primeiro ano de plantio, podendo alcançar até 6 metros de extensão posteriormente. Acrescente ainda que suas raízes não entram em dormência, visto que, mesmo em baixas temperaturas do solo (15C° dia e 13C° noite), foram registradas taxas de crescimento radicular de 1,26 mm/dia.

De acordo com os resultados obtidos, foi possível observar que a espécie *Vetiveria zizanioides* se destacou com relação às outras espécies devido suas características morfológicas, fisiológicas e ecológicas únicas, características estas a seguir apresentadas, listadas por Grimshaw (1990).

O Vetiver possui capacidade de estabilizar o solo e controlar a erosão, devido a excepcional adaptação às mais diversas e inóspitas condições bioedafoclimáticas, o que o permite se desenvolver onde outras plantas teriam sérias limitações. Extremamente rústico, sendo simultaneamente hidrófilo e

xerófilo, resistindo a extremos hídricos (300–3.000 mm/ano) e tolerar extremos térmicos (-14°C a +55°C).

Ainda segundo (Grimshaw, 1990), o Vetiver apresenta fixação biológica de nitrogênio atmosférico e do fósforo, através da associação de bactérias e fungos simbióticos das raízes, permitindo a ele vegetar em praticamente qualquer tipo de terreno, tolerando solos de baixa fertilidade, e com valores extremos de pH, salinidade e toxidez.

Ademais, segundo este mesmo autor, a complexa rede de bainhas e folhas do Vetiver retém a translação de sedimentos, dos mais finos aos mais grosseiros, estabelecendo barreiras naturais, que reduzem a velocidade das enxurradas e aumentam a capacidade de infiltração d'água no solo, controlando a erosão até mesmo em grandes inclinações (150°). O extenso alcance das suas raízes, em profundidade, lhe confere capacidade de resistência à seca prolongada, e capacidade de recuperação após sofrer estresses, como queimada, pastoreio intensivo, alagamentos, etc.

A raiz do Vetiver apresenta bom poder de penetração, podendo transpor camadas mesmo com impedimentos rochosos. O sistema radicular agregante de solo, forma um grampeamento natural muito difícil de ser desalojado. A capacidade de estabilização de solos pelas raízes do Vetiver advém da densidade relativa das suas raízes (6–10 kPa/Kg por m³ de solo), volume muito superior a cobertura realizada pelas raízes das árvores (3,2–3,7 kPa/Kg por m³ de solo).

Essas características permitem à planta se adaptar às mais diferentes condições climáticas, incluindo extremos como seca prolongada, inundações e fogo (Truong, 2002). Tolerar condições extremas do solo sendo tolerante a acidez, alcalinidade, salinidade e elevados níveis de metais pesados no solo (Truong, 2000).

Tabela 4. Caracterização química das áreas experimentais.

A1	P mg/dm ³	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	MO Dag/kg	P-rem mg/L
				cmol _c dm ³					
<i>Vetiveria zizonioides</i>	3,52	7,4	0,33	0,08	0,33	2,3	0,43	0,36	23,28
<i>Wedelia trilobata</i>	7,78	8,2	0,45	0,12	0,26	2,3	0,54	0,48	23,46
<i>Zoysia japonica</i>	4,48	7,2	0,76	0,11	0,53	2,88	0,53	0,43	21,58
<i>Arachis pintoii</i>	1,88	8,2	0,35	0,1	0,37	2,3	0,48	0,43	23,92
Testemunha	1,08	8,6	0,36	0,12	0,39	2,46	0,5	0,46	23,56
A2									
<i>Vetiveria zizonioides</i>	3,36	11,6	0,42	0,15	0,02	1,7	0,61	1,1	5,22
<i>Wedelia trilobata</i>	6,86	15,4	0,42	0,14	0,04	1,64	0,6	1,28	7,72
<i>Zoysia japonica</i>	4,14	4,2	0,37	0,12	0,02	1,38	0,51	0,93	7,98
<i>Arachis pintoii</i>	1,56	4,8	0,37	0,13	0,02	1,34	0,52	0,87	10,5
Testemunha	1,06	5	0,37	0,13	0	1,14	0,52	1,05	6,16

As análises químicas do solo das duas áreas experimentais e de cada tratamento (Tabela 4) mostram a baixa fertilidade das mesmas, visto que para um bom desenvolvimento das espécies seriam necessários maiores valores para os parâmetros analisados. Nestas condições plantas mais rústicas e agressivas tendem a apresentar melhor performance, justificando o melhor desempenho do vetiver.

INDICADORES MICROBIOLÓGICOS

A qualidade do solo é a capacidade dele de funcionar dentro de limites do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde vegetal e animal (Doran & Parkin, 1994), podendo ser mensurada através de indicadores biológicos, utilizando microrganismos e enzimas presentes no solo, pois eles revelam natureza dinâmica e são facilmente afetados por distúrbios causados no solo (Kimpé & Warkentin, 1998).

Alguns indicadores biológicos têm sido propostos para avaliar a qualidade do solo, tais como, a estrutura da comunidade microbiana (Baath et al., 1998), a atividade microbiana (Gil-Sotres et al., 2005; Schloter et al., 2003), e o conteúdo enzimático (Wick et al., 1998). As enzimas apresentam grande potencial como indicadores da qualidade do solo por estas serem sensíveis às

variações induzidas pelos fatores ambientais e de manejo, e os procedimentos de sua análise são relativamente simples e rápidos.

Tabela 5. Atividade da fosfatase ácida, fosfatase alcalina, β - Glicosidase, C-biomassa, respiração e q-CO₂ em solos revegetados com *Vetiveria zizanioides*, *Wedelia trilobata*, *Arachis pintoj*, *Zoysia japonica* e testemunha

Tratamento	Fosf. Ac.	Fosf. Alc.	β - Glico.	C-Bio	Res	q-CO ₂
	G p-nitrofenol/g SS/H			μ g/g solo	μ molCO ₂	G CO ₂ /g
				seco	SS/h	CBM.h
<i>Vetiveria zizanioides</i>	56.88a	7.66a	10.20a	36.52a	0.03 ^a	0.04a
<i>Wedelia trilobata</i>	56.79a	7.56a	13.65a	38.82a	0.03 ^a	0.05a
<i>Arachis pintoj</i>	60.77a	7.94a	11.22a	26.30a	0.03 ^a	0.04a
<i>Zoysia japonica</i>	54.39a	7.59a	8.94a	32.01 a	0.03 ^a	0.05a
Testemunha	60.95a	9.54a	10.31a	28.16a.	0.03 ^a	0.12a
Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.						

Conforme observado na Tabela 5 não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para os indicadores biológicos, analisados. Isso ocorreu provavelmente em razão da necessidade de um tempo maior para estabelecimento da vegetação permitindo maior cobertura do solo e sua expressão sobre a microbiota.

Segundo Powlson; (1997) a função dos microrganismos é mediar processos no solo relacionados com o manejo. Desta forma, podem ser sensíveis indicadores de mudanças na qualidade do solo. Os microrganismos possuem a capacidade de dar respostas rápidas a mudanças na qualidade do solo. Para que isto ocorra é necessário que ocorra uma interação solo-planta em escala mensurável.

Observa-se na Tabela 6 que houve efeito nos experimentos para os seguintes indicadores biológicos: fosfatase ácida, fosfatase alcalina, β -glicosidase. Essa diferença está provavelmente relacionada ao solo dos experimentos que mesmo estando no mesmo talude apresentaram diferentes graus de desenvolvimento já que a área 2 estava sobre horizonte B e a área 1 sobre horizonte C.

De acordo com os dados obtidos pode-se concluir que o horizonte B apresenta uma maior atividade microbiológica quando comparada com o

horizonte C que não apresenta diferença.

Tabela 6 - Atividade da fosfatase ácida, fosfatase alcalina, β - Glicosidase, C - biomassa, respiração e q-CO₂ nos blocos avaliados.

Experimento	Fosf. Ac.	Fosf. Alc.	β -Glic.	C-Bio	Resp	q-CO ₂
	$\mu\text{g p-nitrofenol/g SS/H}$			$\mu\text{g/g solo seco}$	μmolCO_2 SS/h	$\text{g CO}_2/\text{g}$ CBM.h
	44.30 b	5.03 b	7.68 b	30.77 a	0.027 a	0.072 a
	71.30a	11.08a	13.76a	33.94a	0.025a	0.048a

médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

5. CONCLUSÃO

Vetiveria zizanioides foi a espécie dentre as estudadas que apresentou características mais favoráveis para revegetação de áreas terraplanadas com exposição de horizontes superficiais comparativamente às espécies testadas apresentando maior cobertura vegetal e melhor aparência estética.

As espécies vegetais, *Vetiveria zizanioides*, *Wedelia trilobata*, *Arachis pintoi*, *Zoysia japonica*, não influenciaram os indicadores biológicos do solo analisados na área experimental durante o período de condução do experimento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA-MARTINEZ, V.; ZOBECK, T.M.; GILL, T.E.; KENNEDY, A.C. enzyme activities and microbial community structure of agricultural semiarid soils. *Biol. Fertil. Soils* 38, 216-227, 2003b.
- ACOSTA-MARTINEZ, V.; CRUZ, L.; SOTOMAYOR-RAMÍREZ, D.; PÉREZ-ALEGRÍA, L. Enzyme activities as affected by soil properties and land use in a tropical watershed. *Applied Soil Ecology* 35, 35- 45, 2007.
- ALEF, K.; NANNIPIERI, P & TRAZARCEPEDA, C. Phosphatase activity. In: ALEF, K. & NANNIPIERI, P. (eds.) *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*, Academic Press, 1995, p. 335-344.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, July./sept. 2007.
- BABALOLA, O. Works of water on earth. An Inaugural lecture. University of Ibadan. 1993. 43 p.
- BAATH, E.; RAVINA, M.; FROSTEGARD, A.; CAMPBELL, A.; COLLIN, D. Effect of metal-rich sludge amendments on the soil microbial community. *Applied Environmental Microbiology*. v..64, p. 238-245, 1998.
- BLUM, W.E.H. Basic concepts: degradation, resilience and rehabilitation. In: LAL, R; BLUM, W. H.; VALENTINE, C.; STEWART, B.A. (Eds). *Methods for assessment of soil degradation*. Boca Raton: CRC Press. p.1-30, 1998.

- CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. G. S.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Funções Múltiplas das Florestas: Conservação e Recuperação do Meio Ambiente. Anais do VI Congresso Florestal Brasileiro, Campos do Jordão, SP. p.216-217, 1990.
- CERRI, C.C.; MORAES, J.F.L. & VOLKOFF, B. Dinâmica do carbono orgânico em solos vinculados às pastagens da Amazônia brasileira. Invest. Agr., 1:95-102, 1992.
- CORDEIRO, F. Atividade antimicrobiana de frações semi-purificadas e compostos puros de *Wedelia paludosa* D. C. (Compositae) 1998
- D'ALTERIO, C. F. V. & VALCARCEL, R. Medidas Físico-Biológicas de Recuperação de áreas Degradadas: "Avaliação das Modificações Edáficas e Fitossociológicas". VI Jornada de Iniciação Científica. Resumos..., UFRRJ. 1996. p52.
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: método de fumigação-extração. Seropédica: Embrapa-CNPAB, 1997. 10 p. (Embrapa- CNPAB. Documentos, 37).
- DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e Caracterização de Áreas Degradadas. In : : Dias, L.E. & Mello, J. W. V. (eds.). Recuperação de Áreas Degradadas. Univ. Federal de Viçosa, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 251p. (il.), 1998.
- DICK, R.P. Soil enzymes activities as indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America, 107-124, 1994.
- DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America, 3-21, 1994.
- DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. A. Soil health and sustainability. Advances in Agronomy, San Diego, 56:2-54, 1996.

- EIVAZI, F. e TABATABAI, M.A. Phosphatases in soil. *In* R.W. Weaver et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI. p. 551–553, 1994.
- EIVAZI, F. e TABATABAI, M.A. Glucosidases and galactosidases in soil. *In* R.W. Weaver et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI. p. 551–553, 1994.
- EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo/ Rio de Janeiro. Práticas de conservação de solos. Rio de Janeiro. 1980. 85p. (EMBRAPA-SNLCS. Série Miscelânea).
- FILHO, N.F.; BRAGA, T.O.; GALVES, M.L.; BITAR, O.Y.; & AMARANTE, A. Alterações no meio físico decorrente de obra de engenharia. São Paulo: IPT, 1992. p. 144-145.
- FRANS, R. E. Measuring plant responses. *In*: WILKINSON, R. E. (Ed.). Research methods in weed science. Southern Weed Science Society, 1972. p. 28-41.
- FRIGHETTO, R.T.S. XVII. Análise da biomassa microbiana em carbono: método de fumigação extração. *In*: FRIGHETTO, R.T.S.; VALARINI, P.J. (Coords.). Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 157-166, 2000. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 21).
- GIL-STOES, F.; TRASAR-CEPEDA, C.; LEIROS, M.C.; SEOANE, S. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology and Biochemistry*. v.37, p.877-887, 2005.
- GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; DORAN, J.W.; PANKHURST, C.E. DWYER, L.M. biological attributes of soil quaity. *In* Gregorich, E.G, Carter, M.R (eds) Soil quality for crop production and ecosystem health. *Developments in Soil Science* 25. Elsevier, Amsterdam p.81-113, 1997.
- GRIFFITH, J.J.; DIAS, L.E.; MARCO JÚNIOR, P. A recuperação ambiental. *Ver. Ação Ambiental*, v.2 n°10, p.8-11, 2000.
- GRIFFITH, J.J. Recuperação conservacionista de superfícies mineradas: uma revisão de literatura. Viçosa, *Boletim Técnico SIF* (2), 1980. 51p.

GRIMSHAW, R. G. Vetiver Grass: The Hedge, Against. p.78, 1990

GRIMSHAW, R.G., PERRY, C.J., & J.W. SMYLE. Technical Considerations for Sustainable Agriculture. Asia Technical Department, The World Bank, Washington DC, 1993.

HABTE, M. Impact of simulated erosive on the abundance and activity of indigenous versicular-arbuscular mycorrhizal endophytes in an oxissol. *Biology and Fertility of Soils*, Heidelberg, v.7, p.164-167, 1989.

HUANG B, XIA, HP, and DUAN G. Study on application of vetiver eco-engineering technique for stabilization and revegetation of karst stony slopes. *Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition*, Guangzhou, China, 2003.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação. Brasília. 96p., 1990.

INSAM, H. & HASSELWANDTER, K. Metabolic quotient of the soil microflora in relation to plant succession. *Oecologia*, 79:174-178, 1989.

INSAM, H.; MITCHELL, C.C. & DORMAAR, J.F. Relationship of soil microbial biomass and activity with fertilization practice and crop yield of three ultisols. *Soil Biol. Biochem.*, 23:459-464, 1991.

ISERMEYER, H. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. *Z. Pflanzenernähr Bodenk.*, 56:26-38, 1952.

JENKINSON, D.S. & LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A. & LADD, J.N., (eds.) *Soil Biochem.*, New York: Marcel Dekker, 1981. 415-471.

JOHNSON, M. J.; LEE, K. Y.; SCOW, K. M. DNA fingerprint reveals links among agricultural crops, soil properties, and the composition of soil microbial communities. *Geoderma*, Amsterdam, v. 114, n. 3/4, p. 279-303, 2003.

KENNEDY, A.; DORAN, J. Sustainable agriculture: role of microorganisms. In: BITTON, G. (Org.) *Encyclopedia of Environmental Microbiology*. New York: John Wiley & Sons, 2002. p. 3116-3126.

- KENNEDY, A.C & SMITH, K. L. Soil microbial diversity and sustainability of agricultural soils. *Plant Soil*, 170: 75-86, 1995.
- KENNEDY, A.C. & PAPENDICK, R. I. Microbial characteristics of soil quality. *J. Soil Water Conserv.*, 50: 243-248, 1995.
- KENNEDY, A.C.. Carbon utilization and fatty acid profiles for characterization of bacteria.. *In* R.W. Weaver et al. (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI. p. 551–553, 1994.*
- KIMPE, C. R.; WARKENTIN, B. P. Soil functions and the future of natural resources. *Advances in GeoEcology, [S.l.]*, v. 31, p. 3-10, 1998.
- KOUNO, K.; WU, J.; BROOKS, P.C. Turnover of biomass C and P in soil following incorporation of glucose or ryegrass. *Soil Biology & Biochemistry*, v.34, n.5, p.617-622, 2002.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M. Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 3 ed Nova Odessa, SP: Instituto Plantarium, 2001.
- OLDEMAN, L.R. The global extent of soil de gradation. *In: Soil Resilience and Sustainable Land Use. GREENLAND, D. J. & SZABOCLS, I (Eds.) p. 99-118. Cab International, Wallingford, VK, ,1994.*
- OLIVEIRA, J.R.A. O impacto de sistemas integrados de lavouras e pastagens na biomassa-C e na atividade biológica de um Latossolo Vermelho-Escuro de Cerrado. Brasília, Universidade de Brasília, 2000.
- PAGE, A. L. (ED.) *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Second Edition American Society of Agronomy. Soil Science Society of America, Medison, Wisconsin, 1982.*
- POTTER, L. D. Pre-mining assessments of reclamation potential. *In: REITH, C. C. e POTTER, L. D. (eds.) Principles & methods of reclamation science, University of New Mexico Press, Albuquerque. 1986. p.41-68.*
- PARKIN, T. B.; DORAN, J. W.; FRANCOVIZCAÍNO. Field and laboratory tests of soil respiration. *In* Doran, J. W.; Jones, A. J. *Methods for assessing soil quality. Madison. Soil Science Society of America, p. 231-245, 1996.*

- POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford, v. 19, p. 159-164, 1997.
- SAEG Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.
- SÁNCHEZ, L.E. Recuperação de áreas degradadas na mineração. São Paulo: EPUSP, 2000.
- SÁNCHEZ, L.E. Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais. São Paulo: USP, 256p, 2001.
- SAVIOZZI, A.; BUFALINO, P.; LEVI-MINZI, R.; RIFFALD, R. Biochemical activities in a degraded soil restored by two amendments: a laboratory study. *Biology & Fertility of Soils*, Berlin, v. 35, p. 96-101, 2002.
- SCHLOTTER, M., LEBULN, M., HEULIN, T., HARTMANN, A. Ecology and evolution of bacterial microdiversity. *FEMS Microbiology Revision*. v. 24, p. 647-660.2000.
- SILVA, E. Avaliação de impactos ambientais no Brasil. Viçosa, MG: UFV, 1994b. 31p.
- SILVA, P. A. A. et al. Efeitos da adubação orgânica e mineral na produção de biomassa e óleo essencial do capim-limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf.). *Ciência Agrônômica*, v. 34, n. 1, p. 5-9, jan. 2003.
- SILVA, R. C.; PEREIRA, J. M.; ARAÚJO, Q. R.; PIRES, A. J. V.; & DEL REI, J.; Alterações nas propriedades químicas e físicas de um chernossolo com diferentes coberturas vegetais. *R Bras. Ci. Solo*, 31:101-107, 2007.
- SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M. de S.; GRISI, B.M.; HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. Microorganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental. Brasília: EMBRAPA-SPI, 142p., 1994. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 45).
- SMIT, E.; LEEFLANG, P.; GOMMANS, S.; VAN DEN BROEK, J.; VAN, M. S.; WERNARS, K. Diversity and seasonal fluctuations of the dominant members of the bacterial soil community in a wheat field as determined by cultivation and molecular methods. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v. 67, n. 5, p. 2284-2291, 2001.

SMITH, G.D. & SRIVASTAVA, K.L. ICRISAT Annual Report. Andhra Pradesh, India, 1989.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

TABATABAI, M. A. Soil enzyme. In: WEAVER, R. W.; AUGES, S; BOTTOMLY, P. J.; BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A. & WOLLUM, A. (Eds.). Methods of Soil Analysis: Part 2. Microbiological and biochemical properties. N° 5. Soil Science Society of America, Madison, p. 775-833, 1994..

TÓTOLA, M.R. & CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: Alvarez, V.H; Schaefer, C.E.G.R; Barros, N.F.; Mello, J.W.V.; Costa, L.M. (eds) Tópicos em Ciência do Solo, v. 2, p.195-276, 2002.

TOY, T.J.; DANIELS, W.L. Reclamation of disturbed lands. In: Mayer, R.A. (Eds.). Encyclopedia of environmental analysis and remediation. New York: John Wiley, p. 4078-4101, 1998.

TRUONG, P.N. Vetiver Grass Technology for land stabilization, erosion and sediment control in the Asia Pacific region. Proc. Group and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilisation. Manila, Philippines. 1999 a.

TRUONG, P.N. Vetiver Grass System: Potential Applications for Soil and Water Conservation in Northern California. Stiff Grass technology Seminar. 2000.

TRUONG, P.N. . The Global Impact of Vetiver Grass Technology on the Environment. Proc. Second Intern. Vetiver Conf. Thailand. 2000.

TRUONG, P.N. & HART, B. (2001). Vetiver system for wastewater treatment. Technical Bulletin No. 2001/2. Pacific Rim Vetiver Network. Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand. 2001.

TRUONG, P.N. Vetiver Grass Technology. In "Vetiveria", Ed. Massimo Maffei. Taylor & Francis, London and New York Chapter 6. p114-132. 2002.

- TURCO, R. F.; BLUME, E. Indicators of soil quality. In: SIQUEIRA, J. O; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. G. R.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Org.). Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Viçosa: SBCS ; Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 529-549.
- TURNER, B.L.; HOPKINS, D.W.; HAYGARTH, P.M. & OSTLE, N. β -Glucosidase activity in pasture soils. *Appl. Soil Ecol.*, 20:157-162, 2002.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology & Biochemistry*, v.19, n.6, p.703-707, 1987a.
- VISER, S.; PARKINSON, D. Soil biological criteria as indicator of soil quality: Soil microorganisms. *American Journal of Agriculture Alternative*, Washington, v. 7, p. 33-37, 1992.
- WANG, W.J.; DALAL, R.C.; MOODY, P.W.; SMITH, C.J. Relationships of soil respiration to microbial biomass, substrate availability and clay content. *Soil Biology & Biochemistry*, v.35, n.2, p.273-284, 2003.
- WICK, B.; KÜHNE, R. F.; VLEK, P.L.G. Soil microbiological parameters as indicators of soil quality under improved fallow management systems in south-western Nigeria. *Plant Soil*, v 20, p.97-107, 1998.